

УДК 321.313+004.428

## АВТОМАТИЗАЦИЯ КОНСТРУИРОВАНИЯ РОТОРА НТСГ В ИНТЕГРИРОВАННОЙ СРЕДЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ SOLIDWORKS

Карпенко Е.В.

Научный руководитель – к.т.н., профессор Головин М.П.

*Сибирский федеральный университет*

В рамках работ по гранту Роснауки было необходимо разработать единую среду конструкторско-технологического проектирования микроГЭС, часть которой подсистема конструирования ротора низкоскоростного торцевого синхронного генератора (НТСГ) реализованная в SolidWorks. Результат работы подсистемы - корректная модель сборки ротора (см. рисунок 1).

Проблема включает в себя несколько этапов:

1. Анализ дерева конструирования ротора с целью выявления всей совокупности элементов модели и их параметров, достаточной для воспроизведения модели, отвечающей любым заданным характеристикам генератора;
2. Анализ конструкции ротора и его компонентов с позиций логики конструирования, обеспечения отказоустойчивости и технологичности конструкции;
3. Реализация логики конструирования в виде алгоритма;
4. Реализация подсистемы, как динамической библиотеки, представляющей собой совокупность классов и подпрограмм, обеспечивающих чтение входных данных из БД, реализацию вычислений, сохранение результатов в БД.

Входные параметры для конструкторского расчета получают из модуля МикроГЭС – проектировщик, разработанного коллективом в рамках гранта Роснауки. Входные параметры для конструирования ротора получены по результатам синтеза параметров генератора: мощность, частота вращения, высота магнита, ширина магнита, толщина магнита, ширина полюсного наконечника по внутреннему диаметру, ширина полюсного наконечника по внешнему диаметру, длина полюсного наконечника, толщина полюсного наконечника, толщина диска ротора, диаметр диска ротора.

Дерево конструирования ротора – это структура и последовательность сборки ее из деталей и стандартных компонентов (см. рисунок 1). Базовой деталью, с которой начинается расчет, выбран вал. Вал как деталь, несущая на себе остальные детали и сборки и подверженная действию сторонних сил и моментов, должна отвечать всем критериям работоспособности (прочность, жесткость).

Следующий этап – конструирование ступицы. Участок вала под ступицу проектируется из расчета, что диск ротора и сама ступица должны быть симметричны относительно подшипников. Ступица должна быть прочной в месте крепления к ней диска ротора, по результатам САЕ-анализа толщина фланца ступицы равна толщине диска ротора. Минимальная толщина диска ротора определяется электромагнитным расчетом. Задача конструирования заключается в подборе оптимальной толщины диска ротора с учетом электромагнитной модели, условий прочности болтов на разрыв от затяжки и условия минимально возможной массы. При подборе стандартных изделий, таких как шпонки, шайбы, подшипники, болты, гайки и прочее, используются данные справочников и проверочных расчетов. При конструировании полюсного наконечника учитываются размеры магнита. Высота полюсного наконечника равна высоте магнита плюс два диаметра шляпки винтов для крепления.

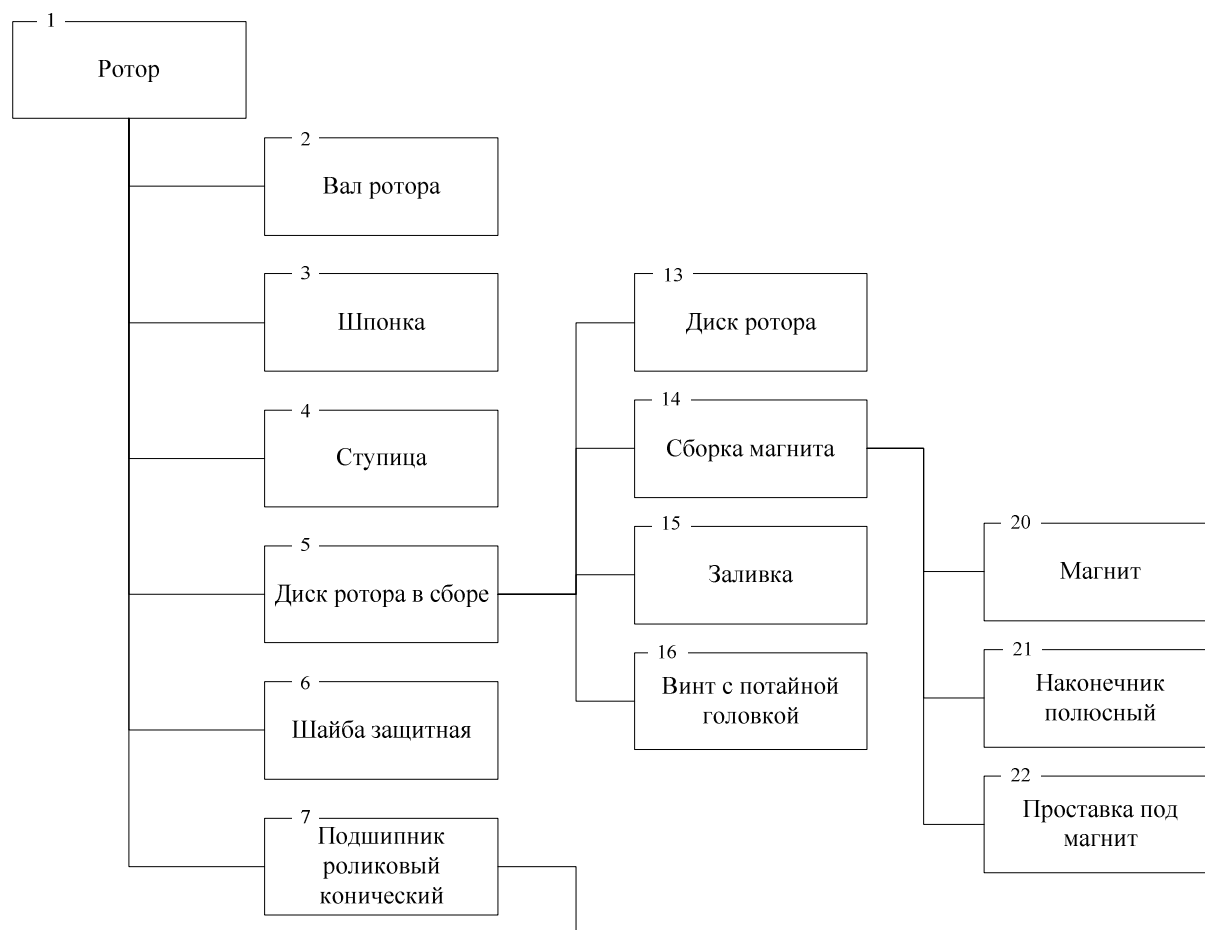


Рисунок 1 - Дерево конструирования ротора

Кроме вышеперечисленных принципов, при расчете параметров учтены следующие ограничения и критерии:

- реализуемость конструктивного решения для этих данных;
- минимизация трудоемкости изготовления;
- технологическая реализуемость конструкции на предприятии-изготовителе;
- соразмерности деталей и сборок.

Рассмотрим процесс алгоритмизации на примере вала. Список геометрических параметров, получаемых в результате работы подсистемы, имеет вид:

**$D_i$  @ Эскиз <sub>$i$</sub>  @ Деталь,**

где  $D_i$  –  $i$ -ый размер, уникальный в пределах текущего эскиза,

Эскиз <sub>$i$</sub>  –  $i$ -ый эскиз, уникальный в пределах текущей детали,

Деталь – деталь, уникальная в пределах текущей под сборки,

@ – разделитель.

Эта форма представления параметров используется в SolidWorks и реализована в подсистеме. В таблице 1 показан фрагмент алгоритма расчета параметров вала. Расчет начинается с входного конца вала, диаметр которого зависит от заданной мощности и частоты вращения. Далее по установленным закономерностям либо выборкой из таблиц справочников определяются размеры других участков вала (диаметры и длины). Работоспособность вала, а в частности жесткость проверяется в другой подсистеме.

Таким образом, путем итерационного подхода в расчете параметров и их проверки, определяется наиболее оптимальная конструкция вала и других деталей с заданными входными параметрами.

Таблица 1 - Выходные параметры алгоритма конструирования

№	Обозначение размера	Наименование размера	Значение	Ед.изм.	Формула для вычисления	Примечание
1.	D21@Эскиз1@Вал ротора	диаметр входного конца вала	38	мм	$D21@Эскиз1@Вал ротора \geq 6 \cdot \sqrt[3]{9550 \cdot \frac{P}{\omega}}$	округление до большего стандартного значения
2.	D45@Эскиз1@Вал ротора	диаметра участка вала для захвата	33	мм	$D45@Эскиз1@Вал ротора \leq D21@Эскиз1@Вал ротора - 4$	округление до меньшего стандартного значения
3.	D20@Эскиз1@Вал ротора	диаметр участка вала для установки упорного кольца	42	мм	$D20@Эскиз1@Вал ротора \geq D21@Эскиз1@Вал ротора + 4$	округление до большего стандартного значения
4.	D5@Эскиз1@Вал ротора	диаметр участка вала под подшипник	45	мм	$D5@Эскиз1@Вал ротора \geq D20@Эскиз1@Вал ротора + 3$	округление до большего стандартного значения
5.	D30@Эскиз1@Вал ротора	диаметр центрального отверстия	5	мм		выбирается из таблицы в зависимости от D5@Эскиз1@Вал ротора (Анурьев т.1, стр. 524)
6.	D36@Эскиз1@Вал ротора	диаметр центрального отверстия	16	мм		выбирается из таблицы в зависимости от D5@Эскиз1@Вал ротора Анурьев т.1, стр. 524)

Этот алгоритм реализован в виде подсистемы. Подсистема представляют собой, динамически подключаемую библиотеку (DLL). Все библиотеки системы имеют одинаковый набор экспортируемых функций (Таблица 2).

Таблица 2 - Функции, экспортируемые расчетными модулями

Определение	Описание
function Calc (inObjectId: integer; servername, databasename, username, password: string):boolean;	Функция выполняет расчет одного варианта ротора. Входные параметры для расчета получают, передавая в inObjectId servername, databasename, username, password (имя сервера, имя базы данных, имя пользователя, пароль пользователя).
function GetInputList: TStringList;	Функция возвращает список входных параметров, необходимых для решения задачи модуля в формате имя параметра, тип параметра (целое число, дробное число, строка, сущность)
function GetName: string;	Функция возвращает название решаемой задачи

Функция Calc, создает объект класса TWorkModule, который производит расчет задачи. Этот объект имеет следующие поля (Таблица 3).

Таблица 3 – Поля класса TWorkModule

Определение	Описание
fInputParam: TParamList;	Данные класса, содержащие список входных параметров, необходимых для расчета задачи.
fOutputParam: TParamList	Данные класса, содержащие список выходных параметров задачи.
fConnection: TConnection	Данные класса, необходимые для подключения к базе данных

fExecute,fExecute2: TExecuteObject	Данные класса, обеспечивающие выполнение SQL запросов при работе с БД.
finObjectId: integer	Данные класса, содержащие идентификатор сущности входных параметров.

Приведем описание классов DDL (таблица 4).

Таблица 4 – Описание классов подсистемы

Определение	Описание
TCalcRotor	Основной класс, где рассчитываются параметры сборки и содержит методы для подбора табличных значений
TCalcVal	Класс, зависимый от TCalcRotor, позволяет рассчитать геометрические размеры вала
TCalcStupica	Класс, зависимый от TCalcVal, позволяет рассчитать геометрические размеры ступицы
TCalDiscRotora	Класс, зависимый от TCalcStupica, позволяет рассчитать геометрические размеры диска ротора
TCalcMagnit	Класс, зависимый от TCalcRotor, позволяет рассчитать геометрические размеры магнита с учетом электромагнитной модели
TCalcNakonechnik	Класс, зависимый от TCalcMagnit, позволяет рассчитать геометрические размеры полюсного наконечника

На рисунке 2 показана модель ротора, программный продукт не меняет конструктивных параметров и взаимосвязей деталей в сборке, он позволяет подобрать из таблиц или рассчитать геометрические параметры.

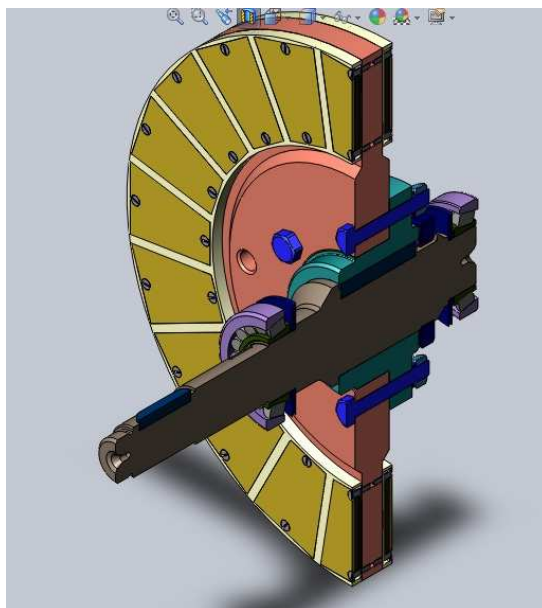


Рисунок 2 – Ротор в сборе

Таким образом, разработка интегрированной среды, позволяющей изменять геометрические параметры базовой модели изделия и автоматически генерировать конструкторскую и технологическую документацию активной части ротора, что позволит значительно ускорить процесс проектирования изделия или модификацию существующей конструкции. А это особенно актуально при проектировании изделий представленных размерно-подобными рядами, когда одно изделие от другого отличается геометрическими размерами, конструкция же остается одной и той же.